

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-144670

(43)Date of publication of application : 29.05.1998

(51)Int.Cl. H01L 21/312
C08F230/08
C08F236/22
H01L 21/768
// C08G 61/02

(21)Application number : 09-345669

(71)Applicant : TEXAS INSTR INC <TI>

(22)Date of filing : 10.11.1997

(72)Inventor : MONA EISA
JUSTIN F GANNER

(30)Priority

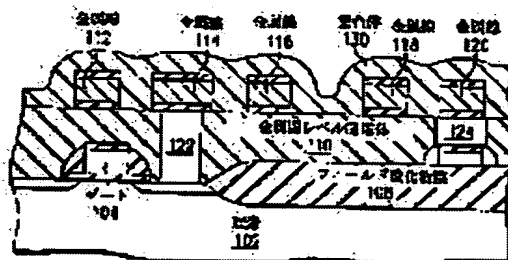
Priority number : 96 29743 Priority date : 08.11.1996 Priority country : US

(54) INTEGRATED CIRCUIT INSULATOR AND METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a low dielectric const. high thermal stability and allowable thermal conductivity by providing an insulation material composed of a polymer of monomers selected among parylene and Si-C compd. having unsat. C-C bonds.

SOLUTION: On an Si substrate 102 polysilicon gates 104 and field oxide film 106 are formed and inter-metal level dielectric 110 is formed thereon. On this dielectric 110 a parylene-2,4,6,8-tetravinyl/2,4,6,8-tetramethy-cyclotetrasiloxane copolymer layer 130 and metal lines 112-120 are isogonally deposited and this layer 130 is then anisotropically etched back with an F-O plasma with leaving the copolymer 130 only between the adjacent metal lines 112-120 and in spaces on the outer side walls.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-144670 ✓

(43)公開日 平成10年(1998) 5月29日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/312

H 0 1 L 21/312

A

C 0 8 F 230/08

C 0 8 F 230/08

236/22

236/22

H 0 1 L 21/768

C 0 8 G 61/02

// C 0 8 G 61/02

H 0 1 L 21/90

S

審査請求 未請求 請求項の数1 書面 (全 9 頁)

(21)出願番号

特願平9-345669

(22)出願日

平成9年(1997)11月10日

(31)優先権主張番号

0 2 9 7 4 3

(32)優先日

1996年11月8日

(33)優先権主張国

米国 (U S)

(71)出願人 590000879

テキサス インストルメンツ インコーポ
レイテッド

アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ノース
セントラルエクスプレスウェイ 13500

(72)発明者 モナ エイサ

アメリカ合衆国テキサス州プラノ, ヒッチ
ング ポスト 4572

(72)発明者 ジャスティン エフ. ゲイナー

アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ウッド
グローブ ドライブ 10023

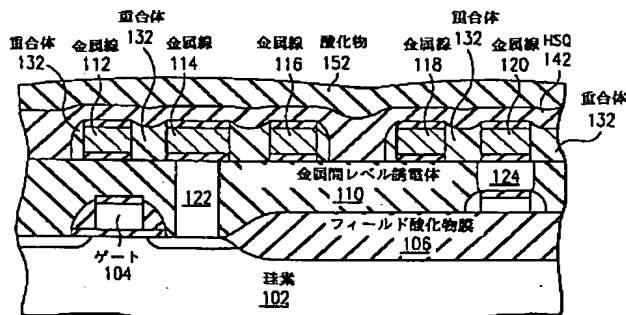
(74)代理人 弁理士 浅村 皓 (外2名)

(54)【発明の名称】 集積回路絶縁体及び方法

(57)【要約】

【課題】 パリレン単量体と、シロキサンを含む珪素・炭素含有単量体との共重合体、共重合するための蒸着法、その共重合体の集積回路のための絶縁体としての適用法を与える。

【解決手段】 金属線+酸化物(450、490)の間の、パリレンと環式シロキサンとの共重合体(432、482)を有する金属間レベル誘電体、及びそれを共重合するための蒸着法。共重合体のフッ素化は誘電率を低下し、作動温度を上昇する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 (a) パリレン又はフッ素処理済みパリレンと、少なくとも一つの不飽和炭素・炭素結合を有する珪素・炭素化合物又はフッ素処理済み珪素・炭素化合物から成る群から選択されたモノマーの共重合体から成る絶縁材料。

【発明の詳細な説明】

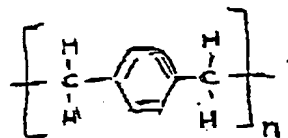
【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置に関し、一層詳しくは集積回路絶縁体及び製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】集積回路は、珪素基体に形成されたソース／ドレイン及び基体上の絶縁されたゲートを有する電界効果トランジスタを、種々のレベルに形成された複数の重なった金属（又はポリシリコン）配線と一緒に含んでいるのが典型的である。絶縁層は、ゲート／ソース／ドレインと、第一金属レベルから形成された配線との間に存在し〔プレメタル（premetal）〕、段階的な金属レベルの間にも存在する（金属間レベル誘電体）。金属（又はポリシリコン）で満たされた絶縁層中の垂直ビア（via）は、隣り合った金属レベル中に形成された配線の間の接続、及びゲート／ソース／ドレインと第一金属レベル配線との間の接続をも与える。各絶縁層は金属レベル又はゲートの配線の比較的凹凸のある輪郭を覆わなければならない、これは同じ金属レベルの中に近接した間隔の配線の間の間隙を含んでいる。また、絶縁層の誘電率は、同じ金属レベル及び隣り合った上と下の金属レベル中の近接した間隔の配線の間の容量結合を制限するのに実際的な低いものであるべきである。

【0003】凹凸のある輪郭を覆う絶縁層を形成するのに種々の方法が開発されており、それらは全て二酸化珪素（酸化物）型絶縁体を形成する：付着した硼磷珪酸塩ガラス（BPSG）の再流動化、典型的にはシロキサンである回転付着ガラス（SOG）の使用、テトラエトキ



PA-N

【0009】これらの重合体は、低い誘電率（例えば、2.35～3.15）、低い水親和力を有し、溶媒及び高温硬化を用いずに蒸気から等角（conformally）蒸着することができる熱可塑性重合体系の重合体である。脂肪族炭素に水素を有するパリレンは、N₂雰囲気中で約400℃までの温度で用いることができるのに対し、脂肪族ペルフルオロ化はその有用な温度を約530℃まで上昇する。

シラン（TEOS）をプラズマ補助化学蒸着（PECVD）で付着しながらのスパッタリング、付着したガラス+回転付着した平面化用ホトレジストの積層体のエッチングバック、及び化学・機械的研磨（CMP）が利用されている。

【0004】これらの方法は全て二酸化珪素の比較的大きな誘電率（大略3.9）を含む問題を有する。このことは、配線をどの位近接させてパッキングすることができ、然も低い容量結合を依然として維持することができるか10に對し限界を与える。

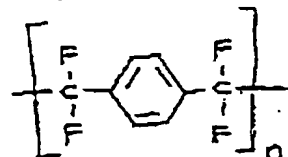
【0005】ラクスマン（Laxman）による、「低ε誘電体：CVDフッ素化二酸化珪素」（CVD Fluorinated Silicon Dioxide）〔18 Semiconductor International 71 (May 1995)〕には、二酸化珪素の誘電率よりも低い誘電率を有する金属間レベル誘電体として用いられるフッ素化二酸化珪素についてのレポートが要約されている。特に、四フッ化珪素（SiF₄）、シラン（SiH₄）、及び酸素（O₂）20の原料ガスを用いたPECVDは、10%までのフッ素を含み、3.0～3.7の範囲の誘電定数を有するSiO_xF_yを蒸着することができる。しかし、この誘電率は、依然として配線のパッキング密度に限界を与える。

【0006】有機重合体絶縁体は、低い誘電率の絶縁体を与える別の方法を与える。化学蒸着（CVD）による形成は、近接した間隔の配線の間の隙間を確実に満たす。或る集積回路製造方法では、既に保護外側被覆としてポリイミドを用いている。しかし、ポリイミドは僅か約3.2～3.4の誘電率しか持たない問題を持ち、金属間レベル誘電体として用いた時、後の加工を乱す水吸収親和力を有する。プラスの面として、それは約500℃までの温度許容性を有する。

【0007】パリレンは、次のような構造を有する一連のポリ-p-キシレンに対する一般的用語である：

【0008】

【化1】



PAF

【0010】ヨウ（Yow）その他による、「マイクロエレクトロニクス材料の化学的展望III」（Chemical Perspectives of Microelectronic Materials III）の「前駆物質からのパリレンフィルムの蒸着」（Vapor Deposition of Parylene Films from Precursors）

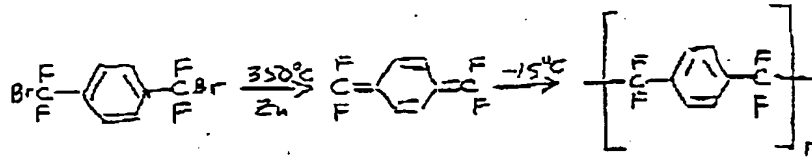
50 【1992年11月30日、材料研究学会シンポジウム

予行集 (Materials Research Society Symposium Proceedings) には、液体ジプロモテトラフルオロ-p-キシレン前駆物質を出発材料として、次にその前駆物質を350℃で活性単量体へ転化し、それが-15℃で基体上

に吸着し、重合することによりフッ素化パリレンを製造する方法が記載されている。この反応は次のように思われる：

【0011】

【化2】



【0012】ヨウその他は、ジアルデヒド（テレフタルアルデヒド）から前駆物質を合成している：

【0013】

【化3】



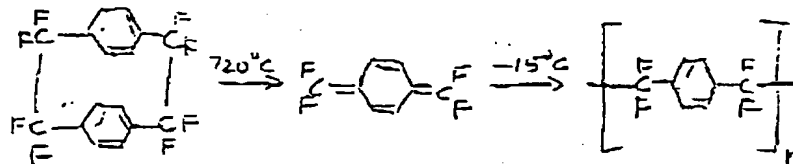
【0014】ベンゼン環は、標準ハロゲン化法によりフッ素化（部分的に）することもできる。そのようなフッ素化は誘電率を低下し、有用な温度を上昇する。

性単量体の二量体を用いて蒸着することもできる。次の反応：

20 【0016】

【0015】パリレンフィルムは、中間生成物として活

【化4】



【0017】のように、ヨウその他及びドルビエ (Dolbier) その他による、米国特許第5,210,341号明細書参照。

【0018】しかし、これらの有機重合体は、屢々珪素酸化物及び金属に対する接着性が悪く、450℃でのアルミニウム焼結のように集積回路製造で典型的に見られる後の加工での熱安定性が不十分なことを含めた問題を有する。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、パリレン単量体と、シロキサンを含む珪素・炭素含有単量体との共重合体、共重合を行うための蒸着法、その共重合体の集積回路のための絶縁体としての適用法を与える。

【0020】本発明の利点には、低い誘電率、大きな熱安定性、許容可能な熱伝導度、二酸化珪素及び金属への良好な付着性、機械的強度、狭い間隙を満たすことができる等角蒸着、エッチングし易さ、低いフィルム応力、低い水吸収性、及び大きな電気抵抗率を有する層間レベル誘電体を与えることが含まれる。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明は、(a) (フッ素化) パリレンと、少なくとも一つの不飽和炭素・炭素結合を有する (フッ素化) 珪素・炭素化合物からなる群

から選択された単量体の共重合体からなる絶縁材料を与えることにより上記課題を解決する。

30 【0022】

【発明の実施の形態】

好ましい第一の態様

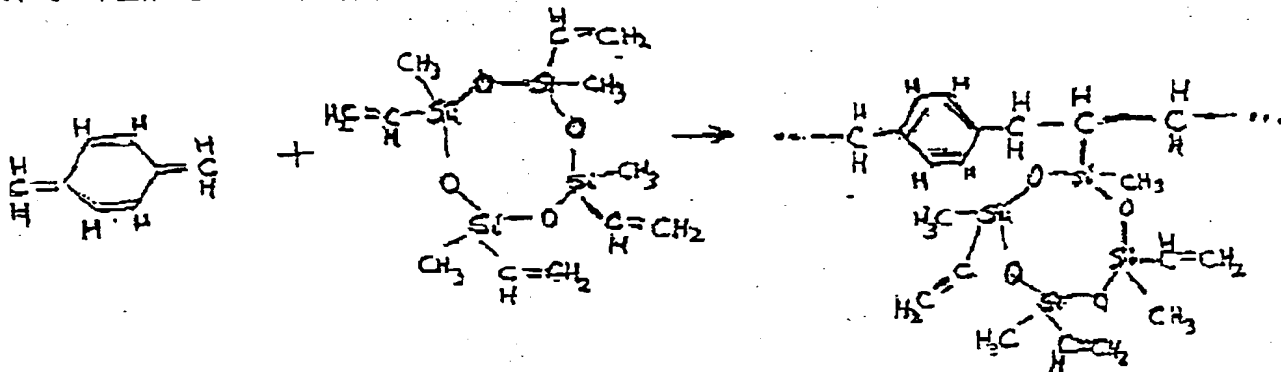
図1～図4は、集積回路製造中の金属線の上に絶縁誘電体を形成する第一の好ましい態様による方法の諸工程を立断面図で例示している。特に、図1の部分的に製造された回路から出発して、それは珪素基体102上にポリシリコンゲート104及びフィールド酸化膜106を有し、それらはプレメタル (premetal) レベル誘電体 (PMD) 110の下に配置され、PMD 110上には金属線112～120があり、金属充填パイア122～124がPMD 110を通して伸びている。PMD 110は二酸化珪素でもよく、BPSGを形成するため硼素及び燐のようなドーパントを含んでいることがある。ドーパントは可動イオンをトラップする働きをする。実際、PMD 110は、ゲートと接触した非ドーパ二酸化珪素と、非ドーパ酸化物膜上のBPSGと共に層状構造になっている。金属線はアルミニウムの上及び下にTiNをクラッドしたものから作られていてもよい。金属線112～120は0.25～0.5μmの幅及び0.7μmの高さを持ち、線112～116及び線11

50

炉 206 中で単量体へ分解することにより誘導される。TVTMCTS は、室温で液体であり、60℃で約 13 ミリトールの蒸気圧を有するのに対し、パリレン二量体は室温で固体であり、120℃で昇華し、約 13 ミリトールの蒸気圧を有する。接続パイプ及び蒸着室 202 を 120℃より高い温度に維持し、それらの表面で凝縮又は重合しないようにする。共重合のために基体 102 を約 -5℃に冷却する。単量体は無作為的に共重合し、ブロック共重合体は形成しない。代表的反応は次の通りである。

【 0 0 2 4 】

【化5】



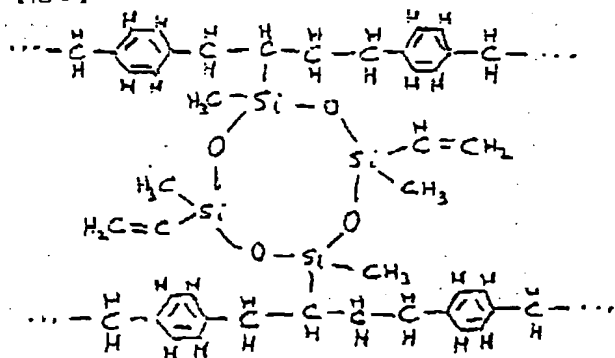
【0028】得られる共重合体中のパリレン単量体対TVTMCTS単量体の比は、室202へ入る単量体の流量により調節することができる。パリレン単量体50%及びTVTMCTS単量体50%からなる平均組成物は、約2.1の誘電率、良好な二酸化珪素への接着性（恐らくシロキサン環の開環及び酸化物への直接の結合による）、及び良好な機械的強度を有する共重合体を生ずる。

【0029】共重合体130を付着させた後、共重合体130をフッ素・酸素系プラズマで異方的にエッチバックし、共重合体が、隣り合った金属線の間及び出来れば外側側壁上の空間にのみ残留するようにする。エッチバックされた共重合体部分132を示す図3参照。

【0030】エッチバックされた共重合体132及び露出した金属線+露出した下のPMD上に、約1 μ mの厚さまで（フッ素化）酸化物を蒸着する。最後に、その蒸着した（フッ素化）酸化物をCMPを用いて平坦にし、図4に示すように平坦な（フッ素化）酸化物142を残す。酸化物142中にバイアを形成し、酸化物142上に別の金属配線の層を形成し、バイアを通して金属配線112～120へ接続を行う。酸化物蒸着は、プラズマ補助TEOS（+フッ素源）蒸着により行い、共重合体132+（フッ素化）酸化物142からなる第一金属間レベル誘電体（IMD）を完了する。低い誘電率の共重合体材料132が金属線間の最小の間隙を埋める。

【 0 0 2 6 】

【化6】



【0027】架橋は機械的強度を増大する。

50 【0031】図5～6は、平面化酸化物142を、平面

C#CC(F)(F)Si(Oc1ccc(cc1)C(F)(F)F)O[Si](F)(F)C#C

【0039】埋め込まれた重合体の好ましい態様

10 図8は、第二の好ましい態様のIMD構造体及びその製造方法を例示している。特に、第一の好ましい態様の場合と同じように出発して、図1～2に示したように、金属線の上にパリレン・TVTMC TS共重合体130を蒸着させるが、異方的にエッチバックはしない。

【0040】次に、水素シルセスキオキサン（HSQ）のような平面化用ガラスの層140を平均約0.5 μm の厚さまで回転付着させる。HSQ層140の厚さは金属線の上僅か約0.2 μm である。HSQを硬化する。これにより表面を平らにする。

20 【0041】次に、HSQ層140上に約0.2μmの厚さまで酸化物層150を蒸着する。図8参照。フッ素化されていてもよい酸化物層150は、HSQ140の上に最上層を与える。この場合も酸化物の蒸着は、プラズマ補助TEOS蒸着により行い、金属線、平面化用HSQ140、及び最上層酸化物150を取り巻くパリレン・TVTMCCTS共重合体130からなる金属間レベル誘電体を完成する。

【0042】別法として、回転付着ガラスを用い、層の
いずれでも薄くするのに部分的エッチバックを行なつて
30 もよい。特に、回転付着ガラスは、金属線を覆う共重合
体130の上では全て取り除き、間隙及び金属線の組の
間の低い領域中にだけ残留するようにする。

【0043】多重金属層の好ましい態様

図9～11は、IMDの第一の好ましい態様のものを、二つの続く金属レベルのために2回続けて適用する場合を示している。特に、図9は絶縁体402上の金属線412～420の上に等角蒸着したパリレン・TVTMC TS430を示している。金属線414～420は、幅が約 $0.25\mu\text{m}$ 、高さ $0.7\mu\text{m}$ 、間隔が $0.25\mu\text{m}$ であり、金属線412は、幅が約 $0.4\mu\text{m}$ で、垂直バイア接続のために金属線の幅が広がっていることを示している。この場合も、金属は上と下の両方にTiNのようなものでクラッドしたアルミニウムにすることができる。

【0044】図10は近接した間隔の金属線の間を埋め、両側の側壁を形成するため、エッチバックした重合体432を示している。図10は、金属線及び重合体を約0.7 μmの厚さまで覆う平面化酸化物450を示している。酸化物450は、平面化のための同時スパッタリングを用いたプラズマ補助蒸着によるか、又は平面化

【化7】

50 リングを用いたプラズマ補助蒸着によるか、又は平面化

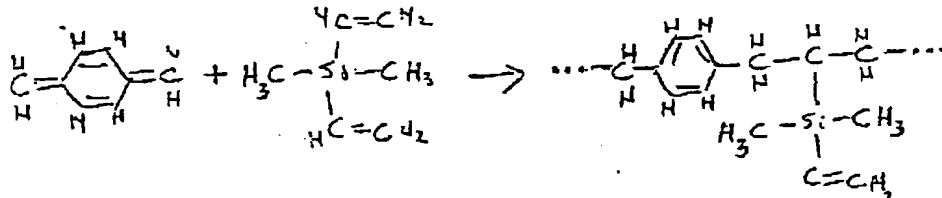
のために犠牲層のエッチバックを用いてもよい。

【0045】図11は、酸化物450を通して第一レベル金属線412を、第二レベル金属線462へ、酸化物450上の他の第二レベル金属線464~470と一緒に接続する金属充填バイア452を示している。エッチバック重合体482は、近接した間隔の金属線462~470の間を充填し、両側の側壁スペーサーを形成し、平面化酸化物490が第二レベル金属線を覆っている。金属充填バイア492は、第二レベル金属線470を、酸化物490上に後で形成された第三レベル金属線（図示されていない）へ接続する。金属充填バイア452及び492は、最初にホトリトグラフによるパターン化を行い、酸化物をエッチングし、次にブランケット蒸着+エッチバック又は選択的蒸着によりタングステンを充填することにより形成してもよい。それら金属線はブランケット金属蒸着し、次にホトリトグラフによるパターン化及び異方的エッチングにより形成されている。

【0046】重合体再充填の好ましい態様

図12~15は、IMDの第三の好ましい態様のものを、二つの続く金属レベルのために2度続けて適用した場合の垂直断面図を例示している。実際、図12は、絶縁層510上の金属線512~520を示し、平面化酸化物層530がそれら金属線の上に存在する。金属線514、516、518、及び520は、最小の線幅、約0.25 μ mの幅、及び約0.7 μ mの高さを有するのに対し、金属線512はバイア配列を容易にするために約0.4 μ mまで増大した幅を示している。金属線の間隔、514と516及び518と520の金属線間隔は最小の約0.25 μ mであるが、他の間隔はそれより大きい。金属線は、ブランケット蒸着及びそれに続くホトリトグラフによるパターン化により形成され、金属はクラッドされたアルミニウムでもよい。

【0047】最小金属線間隔をホトリトグラフにより位置付け、それら最小間隔から酸化物530をエッチング除去する。エッチングは異方的プラズマエッチでもよく、又は金属に関して選択的にすることができ、横のエッチング停止材として金属線を用いることもできる。下



【0052】勿論、シランは架橋を増大するため三つ又は四つのビニル基を持ってもよい。

【0053】シリルシクロの好ましい態様

不飽和シリルシクロ化合物も、パリレンとの共重合のための単量体を与えることができる。モノマー環中の二重結合は共重合に関与する。特に、トリメチルシリルシクロペンタジエン（最終的飽和環型を含む）、ビス

の絶縁体510へのオーバーエッチを用いてもよい。酸化物をエッチングした後、前に記載したように、パリレン・TVTMCTS共重合体540を等角蒸着する。少なくとも0.125 μ mの厚さまで等角蒸着することにより最小間隔を埋める。約0.4 μ mの重合体蒸着を例示する図13参照。

【0048】図14は、重合体540をエッチバックして、最小間隙中にだけ重合体充填物542を残す。重合体をエッチバックした後、約0.5 μ mの酸化物550を蒸着する。

【0049】金属線512のような金属線の広い部分まで、酸化物530~550中のバイアをホトリトグラフにより定め、エッチングすることにより金属レベルを完成する。次にそのバイアを選択的的金属蒸着又はブランケット蒸着及びエッチバックにより充填する。それらバイアは障壁層を用いてタングステンを充填してもよい。金属充填バイア560は、今述べ金属レベルと同じやり方で形成した第二金属レベルへの接続を与える。図12参照。別法として、バイア560を充填する金属を蒸着し、パターン化して1回の工程で第二レベル金属線を形成してもよい。これは、化学蒸着のような等角金属蒸着法、又はアルミニウムのような金属の最流動法でもよい。場合によりスパッタリングにより障壁金属層を最初に付着させてもよい。

【0050】シランの好ましい態様

パリレン単量体とTVTMCTS単量体との共重合体中の環式シロキサンは、分極性珪素・酸素結合を除去して誘電率を減少させ、然も、依然として珪素酸化物又は窒化物への接着結合のための珪素を維持させるため、シラン誘導体で置換してもよい。特にジビニルジメチルシランは、パリレン単量体と共重合するためのビニル基を含み、然も一つの単量体当たり二つのビニル基が存在して機械的に強い共重合体を与える架橋を可能にしている。反応は次のようなものであろう。

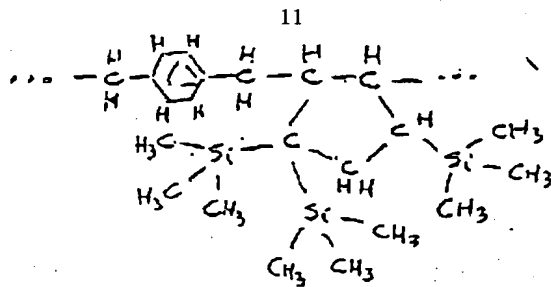
【0051】

【化8】

（トリメチルシリル）シクロペンタジエン（最終的飽和環を含む）、及びトリス（トリメチルシリル）シクロペンタジエン（最終的飽和環を含む）のようなシクロペンタジエン誘導体である。これらの共重合体は次のような構造を有するであろう。

【0054】

【化9】



【0055】勿論、六員環、珪素に結合するメチル基の代わりにエチル基、環中の二重結合、水素に対するフッ素置換等のような変更したものも同様な共重合体を生ずる。

【0056】適用

金属（又は他の伝導性）線の間の上記共重合体は、種々の型の集積回路に適用することができる。例えば、DRAMは、ビットライン、語線ストラップ、アドレス・データ母線等のような多数の組みの長い平行導線を有し、共重合体がそのような多数の組みの平行線を確実に接着し、然も、容量結合を欠如するためそれらの中の間隙を充填している。共重合体は直接トランジスタのすぐ上（例えば、図3の金属線112と114の間）に位置しているか、又はトランジスタの上から離れて（例えば、図3の金属線118と120の間）に位置しているか、又は他の金属線の上又は下に配置されていてもよい。

【0057】変更

好ましい態様の共重合体の変更したものを、珪素・炭素結合及び不飽和炭素・炭素結合の両方を含む化合物（一種又は多種）とパリレンとの共重合の特徴を維持しながら、作ることができる。例えば、パリレン+二種類の他のモノマーを用いることもできる。特に、シロキサン環は二つから六つ以上のシロキサンでもよく、但し大きな環はマイクロボイドの特性を失うことがある。シロキサン環の官能基の大きさは変えることができ、珪素は異なった基の対（例えば、2, 4-ジビニル-2, 8, 8-トリメチル-4, 6-ジエチル-6-アリル-シクロテトラシロキサン）を持つことも可能である。同様に、シリルシクロモノマーを変えることもできる。更に、CF₃、C₂F₅、C₃F₇、…のような簡単なフッ素化基を環に置換してもよい。実際、異なったフッ素含有量を有するモノマーの共重合体を用いることができる。

【0058】以上の説明に関して更に以下の項を開示する。

(1) (a) パリレン又はフッ素処理済みパリレンと、少なくとも一つの不飽和炭素・炭素結合を有する珪素・炭素化合物又はフッ素処理済み珪素・炭素化合物から成る群から選択されたモノマーの共重合体から成る絶縁材料。

(2) (a) 基体の表面上のデバイス、及び (b) 前記活性 (active) デバイス上の絶縁層で、パリレン

又はフッ素処理済みパリレンと、少なくとも一つの不飽和炭素・炭素結合を含む珪素・炭素化合物又はフッ素処理済み珪素・炭素化合物から成る群から選択されたモノマーの共重合体を含む絶縁層を備えた集積回路。

(3) 金属線+酸化物(450、490)の間の、パリレンと環式シロキサンとの共重合体(432、482)を有する金属間レベル誘電体、及びそれを共重合するための蒸着法。共重合体のフッ素化は誘電率を低下し、作動温度を上昇する。

【図面の簡単な説明】

【図1】第一の好ましい態様及び方法の工程を示す垂直断面図である。

【図2】第一の好ましい態様及び方法の工程を示す垂直断面図である。

【図3】第一の好ましい態様及び方法の工程を示す垂直断面図である。

【図4】第一の好ましい態様及び方法の工程を示す垂直断面図である。

【図5】第一の好ましい態様及び方法の工程を示す垂直断面図である。

【図6】第一の好ましい態様及び方法の工程を示す垂直断面図である。

【図7】付着装置を示す図である。

【図8】第二の好ましい態様及び方法を例示する図である。

【図9】第二の好ましい態様を続けて適用する場合を示す図である。

【図10】第二の好ましい態様を続けて適用する場合を示す図である。

【図11】第二の好ましい態様を続けて適用する場合を示す図である。

【図12】第三の好ましい態様を続けて適用する場合を例示する図である。

【図13】第三の好ましい態様を続けて適用する場合を例示する図である。

【図14】第三の好ましい態様を続けて適用する場合を例示する図である。

【図15】第三の好ましい態様を続けて適用する場合を例示する図である。

【符号の説明】

102 珪素

104 ゲート

106 フィールド酸化物膜

110 プレメタル・レベル誘電体

112 金属線

114 金属線

116 金属線

118 金属線

120 金属線

122 バイア

13

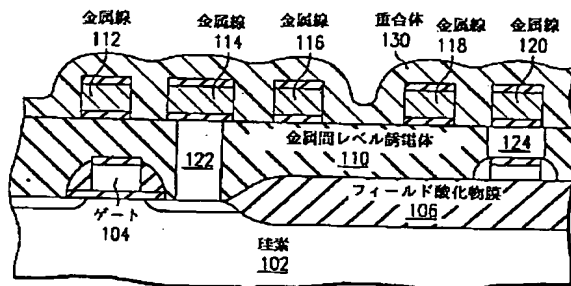
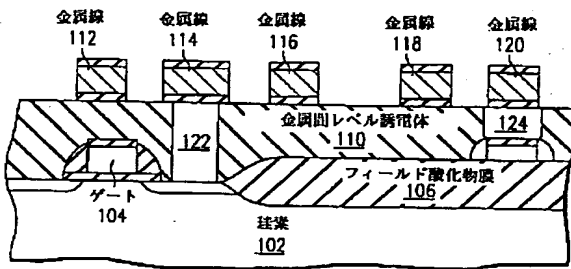
14

124 バイア
130 重合体
132 重合体
140 HSQ
142 HSQ
150 酸化物層
152 酸化物層
200 蒸着装置
202 蒸着室
204 昇華室
206 炉
402 絶縁体
412 金属線
416 金属線
418 金属線
420 金属線
430 重合体

432 重合体
450 酸化物
452 バイア
482 重合体
490 酸化物
492 バイア
510 絶縁体
512 金属線
514 金属線
516 金属線
518 金属線
520 金属線
530 酸化物
540 重合体
542 重合体
550 酸化物
560 バイア

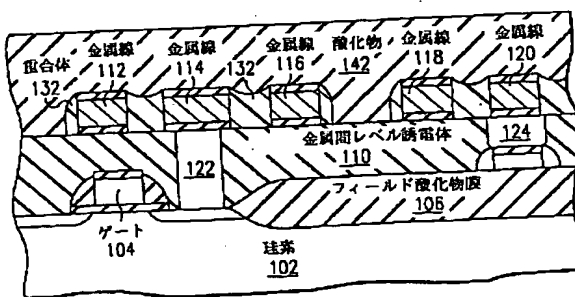
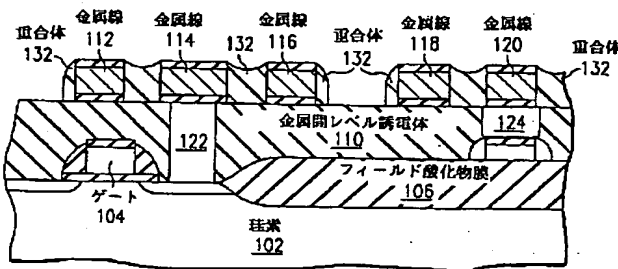
【図1】

【図2】



【図3】

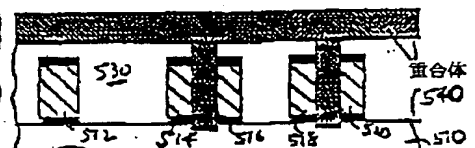
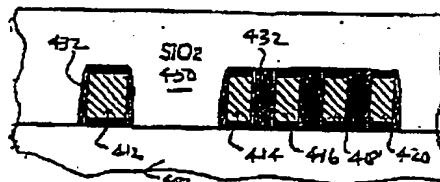
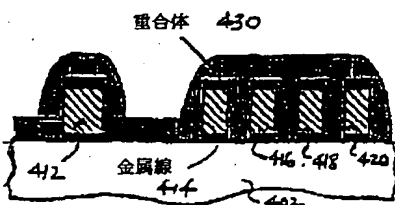
【図4】



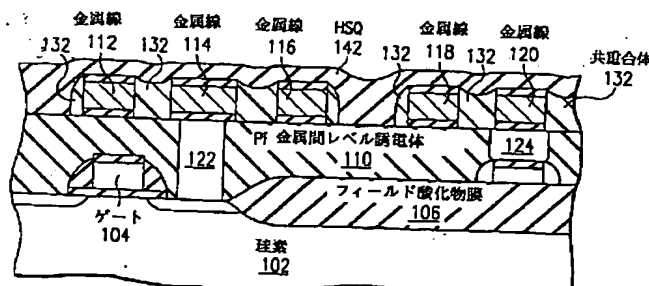
【図9】

【図10】

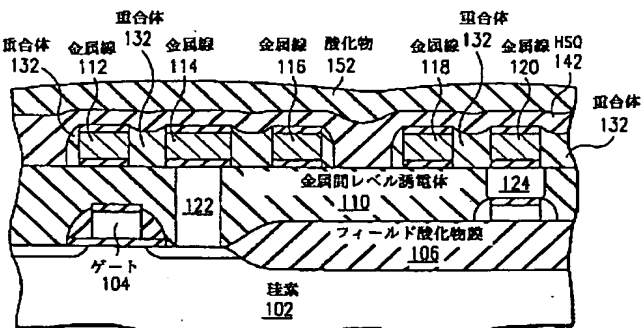
【図13】



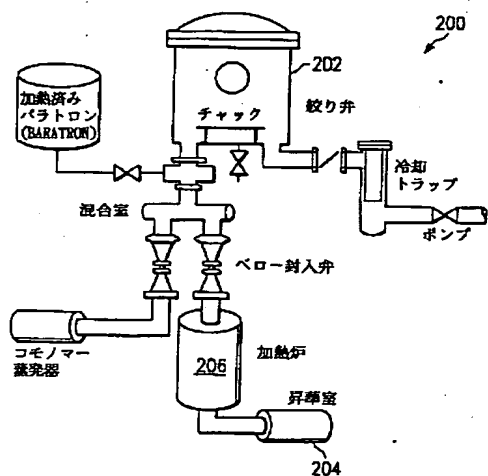
【図 5】



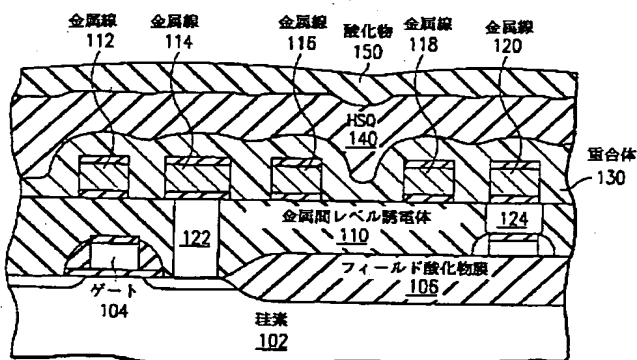
【図 6】



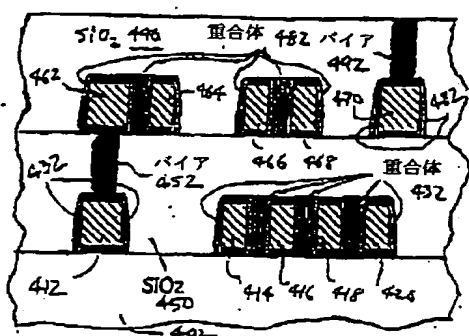
【図 7】



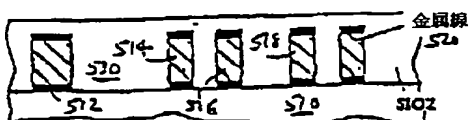
【图 8】



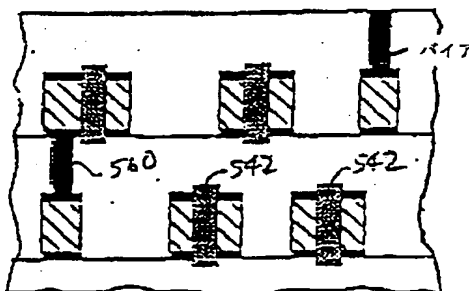
【図 1 1】



【图 1 2】



【図 15】



【图 14】

